"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر روش کاشت بر عملکرد و محتوای اسانس اکوتیپ‌های رازیانه (.*Foeniculum vulgare* Mill)

Effect of planting method on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) ecotypes

محسن سبزی نوجه‌ده[1]، مینا امانی[2] و اعظم یگانه[3]

چکیده

سبزی نوجه‌ده، م.، م. امانی و ا. یگانه. ۱۴۰۲. اثر روش کاشت بر عملکرد و محتوای اسانس اکوتیپ‌های رازیانه (.*Foeniculum vulgare* Mill). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۳): ۳۷۶ -۳۶۲.**

گیاه رازیانه یکی از گیاهان مهم دارویی بوده و محصولات آن کاربردهای زیادی در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی دارد. به‌منظور ارزیابی اثر روش‌های کاشت مستقیم و نشایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ اکوتیپ گیاه رازیانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. عامل اول روش کاشت در دو سطح (کاشت مستقیم بذر و نشاکاری) و عامل دوم شامل هشت اکوتیپ رازیانه بومی ایران از استان‌های اصفهان (تتماج کاشان)، اصفهان (زیاره)، البرز (کرج)، لرستان (خرم‌آباد)، آذربایجان‌شرقی (بناب)، خراسان شمالی (شیروان)، همدان و اردبیل (مشکین‌شهر) و دو اکوتیپ خارجی Saxony-Anhalt و Thuringia بودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اکوتیپ شیروان در روش کاشت مستقیم با میانگین ۱۳۶/۱ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را داشت. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به اکوتیپ کاشان در کاشت نشایی با میانگین ۶/۸ گرم بود. اکوتیپ شیروان در کاشت مستقیم با میانگین ۱۹۷/۱ گرم در مترمربع، دارای بیشترین مقدار عملکرد زیستی بود. محتوای اسانس دانه اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه ۱/۱ تا ۲/۶ درصد بود. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ۱۰ اکوتیپ رازیانه براساس صفات اندازه‌گیری‌شده در روش کاشت مستقیم و نشایی به دو گروه تفکیک شدند. براساس نتایج این آزمایش وجود تنوع ژنتیکی کافی از لحاظ عملکرد دانه، صفات مهم زراعی و محتوای اسانس اکوتیپ‌های رازیانه، امکان استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید ارقام با عملکرد و درصد اسانس بالاتر را فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و وزن هزاردانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹ این مقاله مستخرج از یک آزمایش مستقل بوده است

۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: m.sabzinojedeh@gmail.com)

۲- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

Effect of planting method on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) ecotypes

Sabzi Nojadeh, M.[1], Amani, M.[2] and Yeganeh, A.[3]

ABSTRACT

Sabzi Nojadeh. M., Amani, M. and Yeganeh, A. 2024. Effect of planting method on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) ecotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 25(3): 362-376. (In Persian)**

Introduction: Medicinal plants are among the most valuable natural resources in Iran which can play an important role in people health, job creation, and non-oil exports if they are properly identified, improved, cultivated and used. The increasing use of medicinal plants at the global level makes the importance of cultivation and production of these plants clearer. Currently, many researches are being conducted in the fields of identification of effective substances, therapeutic properties, cultivation and domestication of medicinal plants. Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is one of the medicinal plants that have many uses in foods, pharmaceutical and health industries, and is used in traditional Iranian medicine for long time. Therefore, the cultivation and production of this medicinal plant is of great importance.

Materials and Methods: To investigate the effect of direct seeding and transplanting on the yield and yield components of 10 fennel ecotypes, factorial experiment completely randomized complete block design with three replications. The experiment was carried out in the research field of the faculty of agriculture of the University of Tabriz, located eight kilometers east of Tabriz, Iran. Eight native fennel ecotypes of Iran from the provinces of Isfahan (Tatmaj Kashan), Isfahan (Zeyare), Alborz (Karaj), Lorestan (Khorramabad), East Azerbaijan (Bonab), North Khorasan (Shirvan), Hamadan and Ardabil (Meshkin Shahr) and two different foreign ecotypes from Germany (Saxony-Anhalt and Thuringia) were cultivated by two methods, direct seeding and transplanting.

Seedlings were produced in winter in controlled environment and were transplaned in the field at the six leaf satge. In direct seeding, the seeds were sown in the mid April 2019. Hand weeding was done several times during the growing period. After harvesting the plants, sampling was done from the mid August until the late November 2019. Plant height, biological yield, seed yield, 1000 seed weight, essential oil content per hundred grams of dry matter and harvest index were measured and calculated.

Results: The results of analysis of variance showed that main effect of ecotype and planting method were significant on seed yield and essential oil contents. The interaction effect of planting method × ecotypes was significant for all traits except for seed yield and essential oil content. The average seed yield in direct planting method was higher than that of transplanting, however, the essential oil content in transplanting method was higher than in direct seeding. The highest seed yield was related to the ecotype from Shirvan and the highest essential oil was related to the ecotypes from Germany (Saxony-Anhalt). The observed genetic variation for seed yield, important agronomic traits and the essential oil content among studied fennel ecotypes makes it possible to use these ecotypes in fennel breeding programs to develop cultivars with high seed yield and essential oil content.

Conclusions: The results of this experiment showed that there was considerable variation for most of the studied traits. Since the heritability for most traits was high, it can be concluded that most of this variation is probably related to genetic factors. Therefore, the selection of these traits can be effective for the development of fennel cultivars with higher seed and biological yields and essential oil content. The significant correlation coefficients between traits facilitates the indirect selection for important agronomic traits. The results of the cluster analysis showed that the morphological and phenological traits, to some extent, separated the fennel ecotypes based on geographical and climatic regions. The genetic variation among the studied ecotypes makes it possible to use these ecotypes in fennel breeding programs to develop new cultivars with high seed yield and essential oil content.

Key words: Biological yield, Fennel, Harvest index Plant height and 1000 seed weight

Received: December, 2023 **Accepted: March, 2024**

1. Assistant Prof., Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding author) (Email: m.sabzinojedeh@gmail.com)

2. PhD Student, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3. Former MSc Student, University of Tabriz, Tabriz, Iran

مقدمه

تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌ها و اکوتیپ‌های مختلف گیاهی، اساس کار به‌نژادگران گیاهی است (Louwaars, 2018). در مورد گیاهان دارویی کشت شده در ایران، اصلی‌ترین عوامل محدودیت در عملکرد، پایین بودن تنوع ژنتیکی، عدم وجود ژنوتیپ‌های مناسب برای سیستم‌های مختلف کاشت، پایین بودن شاخص برداشت و حساسیت آنها نسبت به بیماری‌ها است و اصلاح آنها بستگی به استفاده از تنوع ژنتیکی موجود دارد. برداشت بیش از حد گیاهان دارویی از عرصه‌های طبیعی، به‌منظور تهیه داروهای سنتی، چرای دام، استفاده از سموم و مواد شیمیایی برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها از عوامل کاهش تنوع ژنتیکی و از بین رفتن گیاهان دارویی است (Torkaman *et al.*, 2021).

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی تیره چتریان (Apiaceae) است که در تمام فارماکوپه‌های معتبر، به‌عنوان یک گیاهان دارویی مهم یاد شده است. تمامی پیکر گیاه رازیانه حاوی اسانس است، ولی میوه آن بیشترین میزان اسانس را دارا است. اسانس گیاه رازیانه در مجراهایی که توسط سلول‌های غده‌ای ایجاد شده و در سراسر گیاه پراکنده هستند، انباشته می‌شود (DeMarino *et al.*, 2007).

تعیین خصوصیات و گروه‌بندی جمعیت‌ها به به‌نژادگران گیاهی این امکان را می‌دهد تا از دوباره‌کاری در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها اجتناب کنند (Kapoor *et al.*, 2004). صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2013) با ارزیابی صفات گیاهی در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه شامل ۱۰ ژنوتیپ داخلی و دو رقم خارجی گزارش دادند که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد ارزیابی وجود داشت. مینا و همکاران (Meena *et al.*, 2010) با ارزیابی تنوع مورفولوژیک ارقام بومی رازیانه گزارش کردند که تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و عملکرد دانه، بالاترین واریانس فنوتیپی و ژنتیکی را دارا بودند. براساس نتایج ارزیابی صفات گیاهی در ۴۱ ژنوتیپ چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*) و نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پنج گروه قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری بین آنها، به‌ویژه در صفات وزن تر و خشک، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا بذردهی، تعداد گلچه و درصد اسانس وجود داشت (Arabsalehi *et al.*, 2016).

کاشت نشایی (نشاکاری) یک روش کارآمد برای بهبود استقرار و رشد گیاهچه، یکنواختی تراکم بوته‌ها و کاهش مقدار بذر مصرفی محسوب می‌شود. نشاکاری گیاهچه‌ها در زمین اصلی که پس از مناسب‌شدن شرایط اقلیمی انجام می‌شود، علاوه بر صرفه‌جویی در وقت، به‌دلیل تطابق شرایط محیطی با مراحل حساس رشد اولیه و استقرار بهتر گیاهچه‌ها، باعث افزایش عملکرد می‌شود (Jabbari, 2019). ربیعی و همکاران (Rabiee *et al.*, 2021)، زارعی سیاه‌بیدی و همکاران (Zareei Siahbidi *et al.*, 2020) و حبیبی‌اصل و همکاران (Habibi Asl *et al.*, 2021) در آزمایش‌هایی درباره روش کاشت نشایی گزارش دادند که این روش نسبت به روش کاشت متداول، به‌ویژه در شرایط تاخیری، ارجحیت دارد.

باتوجه به محدود بودن تعداد تحقیقات انجام شده روی گیاه رازیانه به‌عنوان یکی از گیاهان مهم دارویی در ایران و سایر کشورهای جهان ضروری به‌نظر می‌رسد که بررسی دقیقی در اکوتیپ‌های مختلف رازیانه جهت تعیین میزان قرابت بین آنها و ارزیابی اثر روش کاشت مستقیم و نشاکاری بر خصوصیات آنها انجام شود. باتوجه‌به مزیت‌های کاشت نشایی، هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر دو روش کاشت مستقیم بذر و کاشت نشایی بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های رازیانه بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر روش‌های کاشت نشایی و مستقیم بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ اکوتیپ رازیانه (جدول ۱) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در هشت کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. فاکتور اول شامل روش کاشت در دو سطح مستقیم و نشایی و فاکتور دوم شامل هشت اکوتیپ رازیانه بومی ایران از استان‌های اصفهان (تتماج کاشان و زیاره)، البرز (کرج)، لرستان (خرم‌آباد)، آذربایجان‌شرقی (بناب)، خراسان شمالی (شیروان)، همدان و اردبیل (مشکین‌شهر) و دو اکوتیپ خارجی از کشور آلمان Saxony-Anhalt و Thuringia بودند که بذرهای آنها از شرکت هرب ایران اصفهان، سازمان تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مؤسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه و مرکز تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل با درصد جوانه‌زنی ۹۵ درصد تهیه شدند.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی منشاء اکوتیپ‌های رازیانه مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Geographical coordinates of fennel ecotypes used in the experiment

Country	کشور	Province	استان	Region	منطقه	طول جغرافیایی Longitude (E)	عرض جغرافیایی Latitude (N)
Germany	آلمان	Saxony-Anhalt		Salzlandkreis		11°77′	51°78′
Germany	آلمان	Thuringia		Dachwig		10°87′	51°07′
Iran	ایران	East Azarbaijan	آذربایجان شرقی	Bonab	بناب	46°03′	37°35′
Iran	ایران	Isfahan	اصفهان	Tatmaj Kashan	تتماج کاشان	51°62′	33°69′
Iran	ایران	Ardabil	اردبیل	Meshkin Shahr	مشکین‌شهر	47°69′	38°37′
Iran	ایران	Isfahan	اصفهان	Zeyare	زیاره	51°94′	32°50′
Iran	ایران	North Khorasan	خراسان شمالی	Shirvan	شیروان	57°96′	37°39′
Iran	ایران	Alborz	البرز	Karaj	کرج	51°06′	35°77′
Iran	ایران	Lorestan	لرستان	Khorramabad	خرم آباد	48°44′	33°48′
Iran	ایران	Hamedan	همدان	Hamedan	همدان	48°48′	34°81′

جدول ۲- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Characteristics of the soil at the experiment site

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	آهک Lime (%)	ماده آلی Organic matter (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	EC (dS.m^{-1})	pH
لومی- شنی (Loam-Sandy)	295	58	0.1	11.2	1.1	63	18	22	1.12	7.7

هر واحد آزمایشی شامل سه ردیف کاشت به طول چهار متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود که در اواخر اسفند شخم و آماده‌سازی شدند. خزانه‌گیری برای تولید گیاهچههای اکوتیپ‌های رازیانه در زمستان انجام و گیاهچه‌ها در مرحله شش برگی در اواسط فروردین به زمین اصلی منتقل و نشاکاری شدند. کاشت مستقیم بذر در اواسط فروردین انجام شد. آماده‌سازی زمین و پخش کودهای پایه قبل از کاشت انجام شد. کودهای نیتروژن و فسفر به‌ترتیب با مقادیر ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره و سوپرفسفات تریپل) به خاک اضافه شدند. بقیه کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله شروع

ساقه‌دهی (۲۵ کیلوگرم در هکتار) و گلدهی (۲۵ کیلوگرم در هکتار) به خاک اضافه شد. بلافاصله بعد از کاشت، کرت‌ها به‌صورت غرقابی آبیاری شدند. بوته‌های سبز شده در دو مرحله دو و چهار برگی تنک شدند.

عملکرد دانه و وزن هزار دانه که در ۳۰ بوته تصادفی در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شدند و سایر صفات در ۲۰ بوته اندازه‌گیری شدند. محتوای اسانس در ۱۰۰ گرم بذر از هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، ارتفاع بلندترین ساقه از سطح خاک تا نوک ساقه در زمان برداشت اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد زیستی، نمونه‌ها پس از برداشت، در سایه خشک شده و سپس وزن خشک بخش هوایی بوته‌ها با استفاده از ترازوی حساس (با دقت صدم گرم) توزین شد. عملکرد دانه با برداشت و توزین وزن بذرهای هشت بوته برداشت شده از مساحت یک مترمربع با ترازوی حساس برحسب گرم، به‌دست آمد. از کلیه بوته‌های مورد ارزیابی برای هر اکوتیپ، ۱۰۰۰ دانه سالم بااستفاده از دستگاه بذرشمار، شمارش و میانگین وزن هزاردانه ثبت شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) به عملکرد زیستی محاسبه شد. استخراج اسانس به‌صورت تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد. برای این‌منظور ۱۰۰ گرم دانه توزین و با استفاده از آسیاب برقی خرد و در بالن یک لیتری ریخته شده و به حجم یک‌سوم بالن، آب مقطر به آن اضافه شده و در روی هیتر با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس به نقطه جوش رسید و سپس با استفاده از دستگاه کلونجر اسانس‌گیری انجام شد. مدت اسانس‌گیری سه ساعت در نظر گرفته شد. آب و دانه آسیاب شده در بالن شیشه‌ای، جوشیده و بخار حاصل از آن بعد از عبور از فضای سرد مبرد داخل کلونجر متراکم شده و ذرات مایع اسانس روی سطح آب تشکیل شد. پس از سرد شدن (حدود ۳۰ دقیقه) و قرائت حجم اسانس، با بازکردن شیر متصل به لوله مدرج، ابتدا آب و سپس اسانس خارج شد محتوای اسانس از نسبت جرم اسانس به وزن اندام‌های هوایی گیاه برحسب درصد محاسبه شد (Safaei *et al.*, 2013).

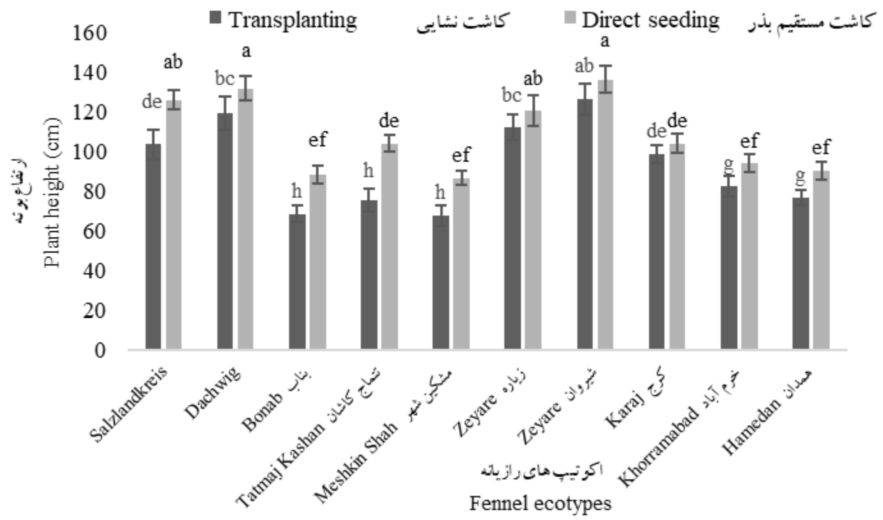
قبل از تجزیه واریانس، برقراری فرض‌های نرمال‌بودن توزیع انحرافات و یکنواختی واریانس‌های درون‌تیماری ارزیابی شد. برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه به‌عامل‌ها با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و چرخش وریماکس و تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) با استفاده از فاصله اقلیدسی در دو روش کاشت مستقیم و نشایی به‌صورت جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و دندروگرام اقلیدسی حاصل با استفاده از تجزیه تابع تشخیص برش داده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ و برهمکنش آنها بر صفت ارتفاع بوته در معنی‌دار بود. برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین سطوح هر یک از تیمارهای آزمایشی می‌باشد. اثر تیمار اکوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در اکوتیپ‌های رازیانه می‌باشد. برهمکنش روش کاشت و اکوتیپ‌های رازیانه بر عملکرد زیستی در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اکوتیپ شیروان در روش کاشت مستقیم با میانگین ۱۳۶/۲ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع بوته را داشت (شکل ۱). یکی از

تفاوت‌های اصلی بین اکوتیپ‌های رازیانه ارتفاع بوته است و یکی از عوامل تعیین‌کننده ارتفاع نهایی بوته، فراهم بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. گزارش شده است که تیمارهای کود آلی با تامین تدریجی عناصر غذایی باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه بالنگوی شهری می‌شوند (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2017). براساس نتایج گزارش شده توسط صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2013) نیز بین اکوتیپ‌های رازیانه مورد ارزیابی آنها، تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته وجود داشت. برخلاف نتایج پژوهش احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2018) که روش نشاکاری در پنبه باعث افزایش ارتفاع بوته شد، در پژوهش حاضر نشاکاری باعث افزایش ارتفاع بوته در رازیانه نشد.

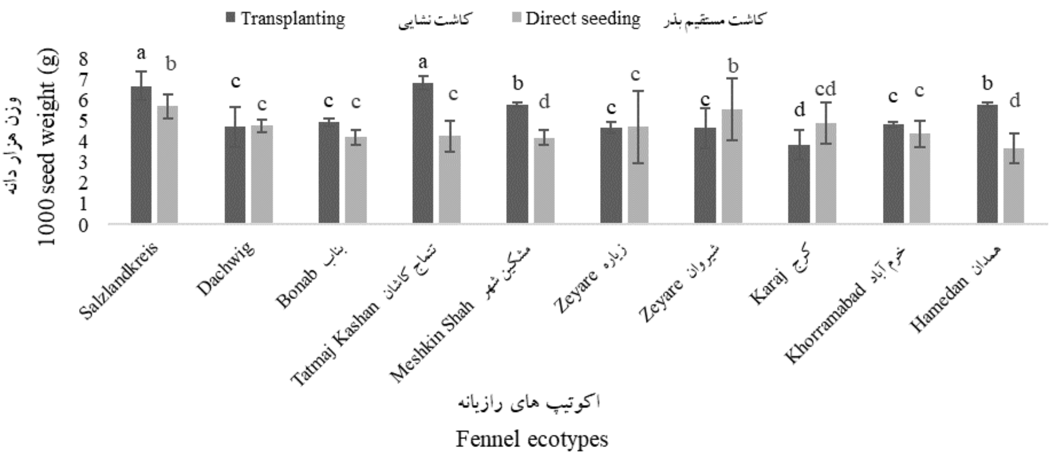


شکل ۱- میانگین ارتفاع بوته اکوتیپ‌های رازیانه در برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ

Fig. 1. Mean of plant height of fennel ecotypes in interaction of planting method and ecotype

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اکوتیپ کاشان در روش کاشت نشایی دارای بیشترین وزن هزار دانه (۶/۸ گرم) بود. به‌نظر می‌رسد که اکوتیپ کاشان توانایی بیشتری در اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها داشته و دانه‌ها مخزن قوی‌تری برای انباشت مواد فتوسنتزی و دارای وزن هزار دانه بیشتری بودند (شکل ۲). صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2013) نیز در آزمایش روی ۱۲ ژنوتیپ رازیانه، تفاوت‌های معنی‌داری را برای وزن هزار دانه گزارش کردند. با توجه به اینکه وزن هزاردانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است، می‌توان از روش‌های انتخاب به‌منظور بهبود این صفت در جهت افزایش عملکرد دانه رازیانه استفاده نمود. براساس نتایج پژوهش عبدلی و همکاران (Abdoli *et al.*, 2017)، در گیاه بالنگوی شهری همبستگی بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه در مقایسه با همبستگی بین سایر اجزای عملکرد و عملکرد دانه، بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است. وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه بوده و مستقیماً تحت‌تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا کپسول‌ها تامین می‌شوند. بیشتربودن وزن هزار دانه در کنار تعداد دانه در کپسول و تعداد دانه در بوته بالا، باعث افزایش عملکرد می‌شود. با این حال همبستگی بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه درمقایسه با همبستگی بین سایر اجزای عملکرد و عملکرد دانه، ناچیز و

قابل اغماض است. معمولاً بین تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه رابطه معکوسی وجود دارد و بوته‌هایی با تعداد دانه بیشتر، وزن هزار دانه کمتری دارند. این موضوع به ارتباط بین منبع و مخزن، میزان مواد فتوسنتزی، تعداد مخزن‌ها و نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی به مخزن‌ها وابسته است. احتمال می‌رود که تفاوت در وزن هزار دانه برخی از اکوتیپ‌های رازیانه ناشی از تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی آن‌ها باشد. نظر قطعی در این مورد نیازمند مطالعه تنوع ژنتیکی آن‌ها است.

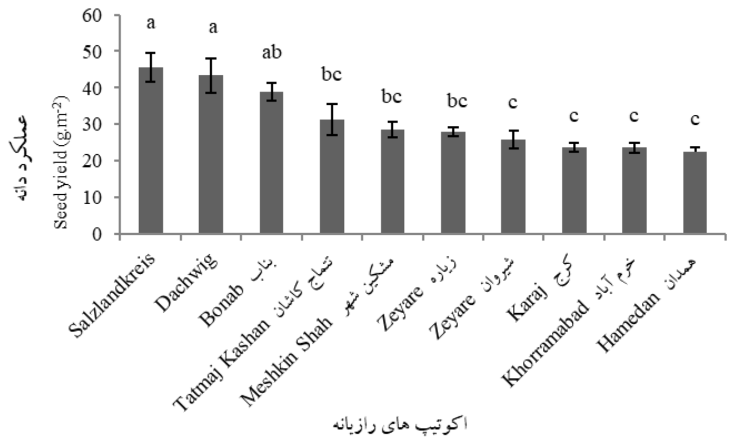


شکل ۲- میانگین وزن هزار دانه اکوتیپ‌های رازیانه در برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ

Fig. 2. Mean of 1000 seed weight of fennel ecotypes in interaction of planting method and ecotype

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به اکوتیپ شیروان بود که البته با عملکرد اکوتیپ‌های همدان و بناب تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳). باتوجه به این که عملکرد دانه رازیانه بستگی به ژنوتیپ و شرایط اقلیمی دارد، تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان به این عوامل نسبت داد. صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2013) در آزمایش روی ژنوتیپ‌های رازیانه، تنوع ژنتیکی بالایی را برای عملکرد دانه گزارش کردند. اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia *et al.*, 2005) در یک آزمایش عملکرد دانه رازیانه را ۱۷۰۳ کیلوگرم در هکتار و نجفی آشتیانی و لباسچی (Najafi Ashtiani and Lebaschi, 2006) عملکرد دانه رازیانه را ۱۵۲۷ کیلوگرم در هکتار گزارش کرده‌اند. حداکثر عملکرد دانه رازیانه در بلوچستان پاکستان ۱۱۸۳ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Agha *et al.*, 2010). استفانی و همکاران (Stefanini *et al.*, 2006) عملکرد دانه رازیانه را ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و خورشیدی و همکاران (Khorshidi *et al.*, 2009) ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرده‌اند. عملکرد دانه هر جامعه گیاهی، نحوه فعالیت آن را طی فصل رشد و نمو و نحوه استفاده از تابش، عناصر غذایی، آب و سایر منابع محیطی را نشان می‌دهد. با کاهش تراکم بوته، بوته‌ها از فضای بیشتری برخوردار بوده و عملکرد دانه تک بوته نیز افزایش پیدا می‌کند، ولی در تراکم پایین به‌دلیل کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد دانه در هکتار با محدودیت مواجه می‌شود (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2017). عملکرد دانه در واحد سطح ارتباط نزدیکی با عملکرد زیستی دارد و اکوتیپ‌هایی که عملکرد دانه بالایی دارند،

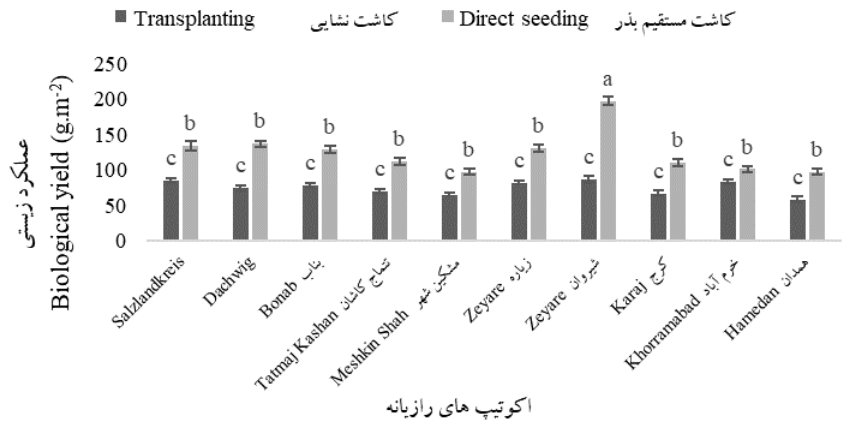
عملکرد زیستی آنها نیز بالا است. تقسیم و تخصیص مواد فتوسنتزی در گیاهان تابع خصوصیات ژنتیکی گیاه و شرایط محیطی است، بنابراین پایین بودن عملکرد در یک گیاه نمی‌تواند دلیل بر کم بودن رشد آن باشد. ظرفیت مخزن، رابطه بین منبع و مخزن، نسبت بین هورمون‌های مختلف، شرایط محیطی؛ به‌خصوص دما و رطوبت، از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری عملکرد گیاهان زراعی هستند (Evans, 1996).



شکل ۳- میانگین عملکرد دانه اکوتیپ‌های رازیانه

Fig. 3. Mean of seed yield of fennel ecotypes

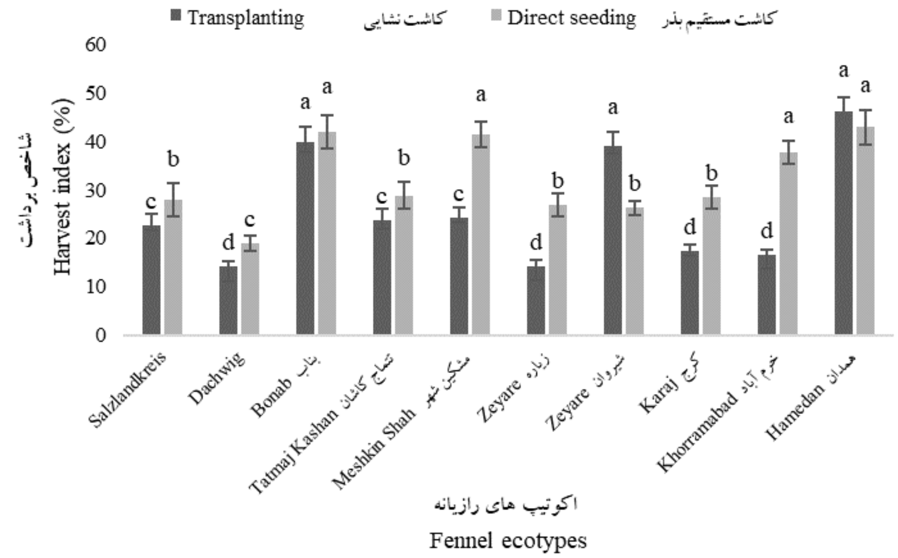
مقایسه میانگین‌های عملکرد زیستی در برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ‌های رازیانه نشان داد که اکوتیپ شیروان در کاشت مستقیم با میانگین ۱۹۷/۱ گرم در مترمربع دارای بیشترین مقدار عملکرد زیستی بود که با سایر اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۴). در آزمایش حمیدیان و همکاران (Hamidian *et al.,* 2023) میزان عملکرد زیستی در گیاه شیرین‌بیان در روش کاشت نشایی حاصل شد و در روش کاشت مستقیم بذر، گیاه رشد مناسبی نداشته و کمترین مقدار عملکرد زیستی بدست آمد.



شکل ۴- میانگین عملکرد زیستی اکوتیپ‌های رازیانه در برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ

Fig. 2. Mean of biological yield of fennel ecotypes in interaction of planting method and ecotype

نتـایج مقایسـه میانگین‌هـا نشـان داد کـه حـداکثر مقدار شاخص برداشت (۴۶ درصد) مربوط بـه اکوتیـپ همـدان بـود. روش کاشـت مستقیم نیـز دارای بیشـترین مقـدار شـاخص برداشـت بـود (۳۲ درصـد) (شـکل ۵). همچنین نتـایج مقایسـه میـانگین‌هـای شـاخص برداشـت در بـرهمکنش روش کاشـت در اکوتیـپ نشـان داد کـه اکوتیـپ همـدان در روش کاشـت نشـایی دارای بیشترین مقدار شاخص برداشت بـوده و کمتـرین مقـدار شـاخص برداشـت مربـوط بـه اکوتیـپ Thuringia در روش کاشت نشایی بود. شاخص برداشـت نشـان‌دهنـده انتقال ماده خشک به اندام اقتصـادی گیـاه (دانـه) اسـت که برداشت می‌شود، به‌عبارت دیگر شـاخص برداشـت نشان دهنده نسبت توزیع مـواد فتوسـنتزی بـین عملکـرد اقتصـــادی و عملکـــرد زیســـتی اســـت، بنـــابراین شـاخص برداشـت نشـان دهنـده توانـایی گیـاه بـرای اختصاص منابع بـه سـاختارهای رویشـی و زایشـی گیـاه است (Carruthers *et al.*, 2000). نکته قابل اهمیـت ایـن است که پس از تشکیل قسمت‌های قابل برداشت، تمـام مـاده خشـک مـازاد بـر نیـاز گیـاه بـه قسـمتی از آن کـه از نظر اقتصادی با ارزش است، انتقـال می‌یابـد و عـلاوه بـر آن، مـازاد مـاده خشـک بایـد در مراحـل نهـایی رسـیدگی محصـول از قسـمت‌هـای غیرقابـل برداشـت، بـه فرآورده‌هـای قابـل عرضـه بـه بـازار منتقـل شـود (Rao and Singh, 1983).

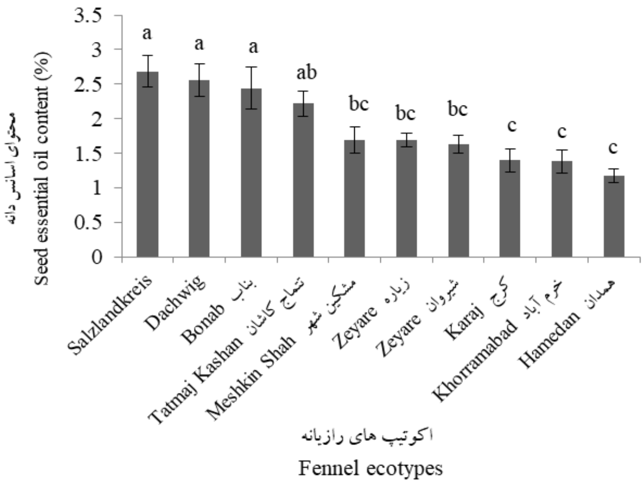


شکل ۵- میانگین شاخص برداشت اکوتیپ‌های رازیانه در برهمکنش تیمارهای روش کاشت و اکوتیپ

Fig. 5. Mean of harvest index of fennel ecotypes in interaction of planting method and ecotype

نتـایج نشـان داد کـه محتـوای اسـانس اکوتیپ‌هـای رازیانـه مـورد مطالعـه بـین ۱/۱ تـا ۲/۶ درصـد بـود (شـکل ۶). نتـایج مقایسـه میانگین‌هـا نشـان داد کـه رازیانــه اکوتیــپ آلمــان دارای محتــوای اســانس بیشتری نسبت بـه سـایر اکوتیـپ‌هـا بـود. بـدیهی اسـت کــه افــراد یــک گونــه گیــاهی معــین در شــرایط مختلـف محیطـی، دارای پروفایـل بیوشـیمیایی متفـاوتی هستند.

براساس نتایج تجزیه خوشـه‌ای ۱۰ اکوتیـپ رازیانـه براسـاس صـفات ارتفـاع بوتـه، عملکـرد دانـه، عملکـرد زیسـتی، شـاخص برداشـت، وزن هـزار دانـه و محتـوای اسـانس دانـه در روش کاشـت مسـتقیم بـه دو گـروه طبقه‌بندی شدند. در این گـروه‌بنـدی، گـروه اول شـامل اکوتیپ‌های مشکین‌شهر، همدان، لرسـتان و بنـاب بـود.



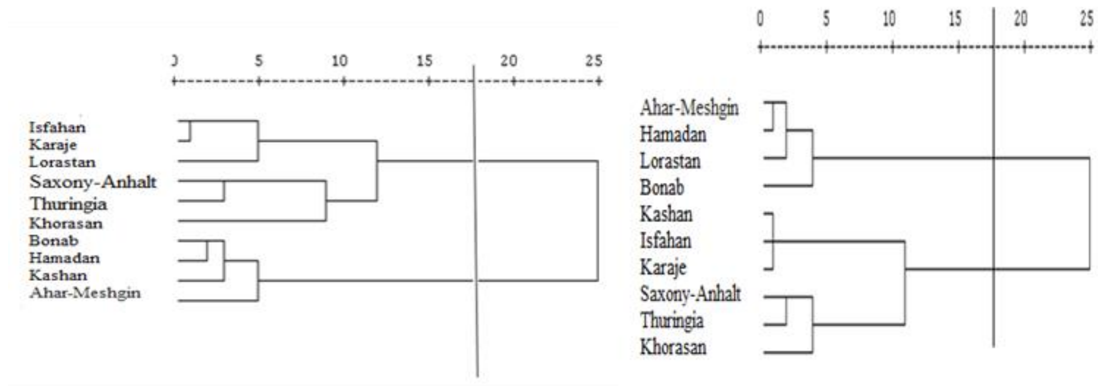
شکل ۶- میانگین محتوای اسانس دانه اکوتیپ‌های رازیانه

Fig. 6. Mean of seed essential oil content of fennel ecotypes

کلیه اکوتیپ‌های گروه اول از لحاظ شاخص برداشت شبیه یکدیگر بودند. گروه دوم شامل اکوتیپ‌های کاشان، اصفهان، کرج، Saxony-Anhalt، Thuringia و شیروان بودند. اکوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ اکثر صفات در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۷). تفاوت معنی‌دار صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های رازیانه نشان دهنده تنوع ژنتیکی بالای آنها برای صفات است، بنابراین از میان آن‌ها می‌توان اکوتیپ‌هایی با صفات شاخص را انتخاب و در به‌زراعی مورد استفاده قرار داد. در روش کاشت نشایی، ۱۰ اکوتیپ رازیانه در دو گروه طبقه‌بندی شدند. در این گروه‌بندی، گروه اول شامل اکوتیپ‌های اصفهان، کرج، لرستان، Saxony-Anhalt و Thuringia و شیروان بود که اکوتیپ‌های اصفهان و کرج از لحاظ صفات مورد بررسی شبیه هم بودند و هر دو اکوتیپ Saxony-Anhalt و Thuringia و شیروان نیز در یک زیرگروه قرار گرفتند. گروه دوم شامل اکوتیپ‌های بناب، همدان، کاشان و مشکین‌شهر بود. اکوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ برخی صفات شبیه یکدیگر بودند (شکل ۸).

صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2013) ۱۲ توده رازیانه را براساس ۱۳ صفت کمی از جمله تعداد گل آذین در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد گل در چترک، تعداد گل‌های عقیم، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته در مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی، محتوای اسانس و میزان خاکستر در سه گروه طبقه‌بندی کردند. نتایج تجزیه خوشه‌ای روی مرزه خوزستانی و مرزه ریشنگری نشان داد که گروه‌بندی افراد این دو نوع مرزه با الگوی پراکنش جغرافیایی آن‌ها چندان مرتبط نبود که نتایج تحقیق حاضر نیز مشابه بود (Hadian *et al.*, 2011; Eghlima *et al.*, 2018).

باتوجه به وجود تنوع اکوتیپ‌های رازیانه مورد ارزیابی، برای تعیین نقش هریک از صفات در تنوع، تجزیه به عامل‌ها انجام شد. نتایج این تجزیه نشان می‌دهد که هر کدام از صفات گیاهی تا چه حد اجزای مشابهی از کیفیت یا خصوصیات زراعی را دربر می‌گیرند و گروه‌هایی از صفات که بیشترین همبستگی گروهی را دارند، مشخص می‌شوند. میزان واریانس توجیه شده توسط هر عامل نشان‌دهنده اهمیت آن عامل



شکل ۷- تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های رازیانه براساس صفات گیاهی در روش کاشت مستقیم (راست) و کاشت نشایی (چپ)

Fig. 7. Cluster analysis of fennel ecotypes based on plant traits in direct seeding (right) and transplanting (left) treatments

در تبیین واریانس کل صفات مورد بررسی است. مقادیر مولفه‌های یک تا چهار تجزیه به عامل‌ها براساس داده‌های مربوط به کاشت نشایی به‌ترتیب ۰/۲۴، ۰/۲۸، ۰/۱۲ و ۰/۱۴ بود که در مجموع ۸۰ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. ضرایب بردارهای ویژه در عامل اول نشان داد که ارتفاع بوته، اصلی‌ترین نقش را در تشکیل این مولفه داشته و نام پیشنهادی برای آن، عامل مربوط به صفات رویشی انتخاب شد. در مولفه دوم عملکرد زیستی دارای ضرایب بردار ویژه بیشتری بود و باتوجه به اینکه عملکرد زیستی در تامین مواد فتوسنتزی برای دانه‌ها در مرحله زایشی اهمیت بالایی دارد، بنابراین گزینش براساس مولفه دوم می‌تواند باعث تولید دانه‌های با وزن بیشتر و افزایش عملکرد شود. در مولفه سوم، عملکرد دانه بیشترین اهمیت را در تبیین این مولفه داشت. بنابراین این مولفه به نام عامل عملکرد نامگذاری شد. در مولفه چهارم، محتوای اسانس دانه بیشترین نقش را در تبیین این مولفه دارا بود. بنابراین این مولفه به نام عامل فیتوشیمیایی نامیده شد و گزینش براساس آن می‌تواند باعث افزایش محتوای اسانس دانه گیاه رازیانه در برنامه‌های به‌نژادی شود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه به عامل‌های دوران یافته صفات گیاهی اکوتیپ‌های رازیانه براساس داده‌های کاشت نشایی

Table 3. The results of analysis of plant traits of fennel ecotypes based on transplanting datas

		عامل‌ها Components			
Plant traits	صفات گیاهی	1	2	3	4
Plant height	ارتفاع بوته	0.92	0.26	0.20	-0.37
Biological yield	عملکرد زیستی	0.69	0.39	0.24	-0.14
Seed yield	عملکرد دانه	-0.11	-0.8	0.36	0.11
Harvest index	شاخص برداشت	-0.60	-0.74	0.08	0.10
Essential oil content	محتوای اسانس دانه	0.17	0.06	-0.34	0.9
1000 Seed weight	وزن هزار دانه	-0.24	-0.4	0.03	0.69

مقادیر مولفه‌های یک تا سه تجزیه به عامل‌ها براساس داده‌های کاشت مستقیم به‌ترتیب ۰/۵۰، ۰/۱۴ و ۰/۰۹ بود که در مجموع ۷۵ درصد از کل واریانس متغیرها توجیه کردند. ارتفاع بوته بیشترین نقش را در تبیین مولفه اول دارا بود. باتوجه به اینکه دو صفت ارتفاع بوته و شاخص برداشت در عامل اول و دوم در تامین مواد فتوسنتزی دانه‌ها در مرحله زایشی اهمیت بالایی دارند، بنابراین گزینش براساس مولفه دوم می‌تواند منجربه تولید دانه‌های با وزن بیشتر و افزایش عملکرد شود. در مولفه سوم، صفت عملکرد زیستی دارای ضرایب بردارهای ویژه بیشتری بود که نام پیشنهادی برای این عامل ویژگی‌های رویشی انتخاب شد (جدول ۴). در آزمایش روی هفت جمعیت آویشن کرمانی، نتایج تجزیه به‌عامل‌ها نشان داد که بیشترین تفاوت ژنوتیپ‌ها مربوط به خصوصیات اندام‌های تولید کننده و ذخیره کننده مواد مؤثره بود و عامل اول و دوم بیشترین سهم را داشته و در مجموع ۶۲/۰۲ درصد از واریانس کل را توجیه کردند (Tohidi *et al.*, 2021). در آزمایش دیگر روی آویشن دنایی نتایج تجزیه به عامل نشان داد که بیشترین تفاوت بین جمعیت‌ها مربوط به خصوصیات اندام‌هایی مانند برگ، براکته، ابعاد گل و کاسه گل که در تولید و ذخیره اسانس نقش اساسی دارند، بود که بیشترین آن‌ها در عامل اصلی اول با درصد واریانس ۲۸/۲ قرار داشتند (Shoryabi, 2013).

جدول ۴- نتایج تجزیه به عامل‌های دوران یافته صفات گیاهی اکوتیپ‌های رازیانه براساس داده‌های کاشت مستقیم

Table 4. The results of the analysis of plant traits of fennel ecotypes based on the direct seeding datas

		عامل‌ها Components		
Plant traits	صفات گیاهی	1	2	3
Plant height	ارتفاع بوته	0.07	-0.01	0.96
Harvest index	شاخص برداشت	0.19	0.18	-0.94
1000 Seed weight	وزن هزاردانه	0.23	-0.17	0.8
Biological yield	عملکرد زیستی	0.64	0.09	0.73
Essential oil content	محتوای اسانس دانه	0.16	0.73	-0.11
Seed yield	عملکرد دانه	0.91	0.21	-0.26
Number of branches	تعداد ساقه‌های فرعی	0.62	0.29	0.49

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای برای اغلب صفات گیاهی در اکوتیپ‌های رازیانه وجود داشت. براساس داده‌های کاشت نشایی، مقادیر مولفه‌های اول تا چهارم تجزیه به عامل‌ها به‌ترتیب ۰/۲۴، ۰/۲۸، ۰/۱۲ و ۰/۱۴ و در مجموع ۸۰ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. براساس داده‌های کاشت مستقیم، مقادیر مولفه‌های اول تا سوم تجزیه به عامل‌ها به‌ترتیب ۰/۵۰، ۰/۱۴ و ۰/۰۹ و در مجموع ۷۵ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. وجود تنوع ژنتیکی بالا بین اکوتیپ‌های مطالعه شده، امکان استفاده از آنها را در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر گزینش، توسعه و تولید ارقام با عملکرد و محتوای اسانس بالا و تشکیل جوامع نقشه‌یابی را فراهم می‌سازد.

منابع مورد استفاده

References

Abdoli, S., Shafagh-Kolvanagh, J., Moghaddam, M. and Sabzi Nojadeh, M. 2017. Path analysis and comparison of seed yield and some agronomic traits of common ecotypes of *Lallemantia* (*Lallemantia iberica* Fisch. et C. A. Mey). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 4, pp.114-121.

Agha, Q., Ahmad, S., Islam, M., Gill. A. and Athar, M. 2010. Growth and production potential of five medicinal crops in highlands of Balochistan, Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, pp.2159-2163.

Ahmad, S., Iqbal, M., Muhammad, T., Mehmood, A., Ahmad, S. and Hasanuzzaman, M. 2018. Cotton productivity enhanced through transplanting and early sowing. *Acta Scientiarum*, 40, pp.e34610. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v40i1.34610

Akbarinia, A., Khosravifard, M., Rezaei, M.B. and Sharifi Ashoorabadi, E. 2005. The comparison of autumnal and spring fennel, ammi, anise and nigella cultivation in irrigation and dry farming condition. *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 20, pp.319-334. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2005.115088

Arabsalehi, F., Rahimmalek, M., Ehtemam M.H. and Salehi, A. 2016. Assessment of genetic variation in different *Stachys lavandulifolia* accessions using morphological and essential oil content. *Taxonomy and Biosystematics*, 8, pp.41-50. [In Persian]. https://doi.org/10.22108/tbj.2016.20974

Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R. and Smith, D. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *European Journal of Agronomy*, 12, pp.103-115. http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00051-9

DeMarino, S., Gala, F., Borbone, N., Zollo, F., Vitalini, S., Visioli, F. and Iorizzi, M. 2007. Phenolic glycosides from *Foeniculum vulgare* fruit and evaluation of antiocidative activity. *Phytochemistry*, 68, pp.1805-1812. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.03.029

Eghlima, Gh., Hadian, J. and Motallbi Azar, A.R. 2018. Survey on diversity of morphological and biological production traits of *Satureja rechingeri* Jamzad clones in Dezfoul climate. *Plant Productions*, 40, pp.41-53. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13442

Evans, L.T. 1996. Crop Evolution, adaptation and yield: Cambridge University Press.

Habibi Asl, J., Azizi, A. and Behbahani, L. 2021. Technical and yield evaluation of mechanized rapeseed transplanting in Khuzestan. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 22, pp.73-88. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/amsr.2021.352252.1364

Hadian, J., Mirjalili, M.H. and Ganjpoor, N. 2011. Morphological and phytochemical characterization of natural population of *Satureja khuzestanica*. *Chemistry and Biodiversit*, 8, pp.902-915. https://doi.org/10.1002/cbdv.201000249

Hamidian, H., Sodaiezadeh, H., Yazdani-Biouki, R., Hakimzadeh Ardakani, M.A., Soltani, M. and Khajeh Hosseini, S. 2023. Effect of salinity stress and planting method on morphological and physiological characteristics of licorice in greenhouse. *Journal of Water Research in Agriculture*, 37, pp.35-48. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/jwra.2023.360235.948

Jabbari, H. 2019. Comparison of rapeseed important agronomic traits in transplanting and conventional

cultivation in late sowing dates at cold and mid-cold regions. Final Report of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture-Jahad. [In Persian].

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology,* 93, pp.307-311. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.028

Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R. and Sefidkon, F. 2009. The effect of different densities of planting on morphological characters, yield, and yield components of fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill cv. Soroksary). *Journal of Agricultural Science*, 1, pp.66-73. https://doi.org/10.5539/jas.v1n2p66

Louwaars, N.P. 2018. Plant breeding and diversity: A troubled relationship? *Euphytica,* 214, pp.1-9. https://doi.org/10.1007/s10681-018-2192-5

Meena, R., Kakani, R., Anwer, M. and Panwar, A. 2010. Variability of some morphological characters in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Indian Journal of Agricultural Sciences,* 80, pp.710-712.

Najafi Ashtiani, A. and Lebaschi, M. 2006. Evaluation the seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in different orients slopes of Damavand region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research,* 22, pp.17-21. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2006.114995

Rabiee, M., Majidian, M., Alizadeh, M.R. and Kavoosi, M. 2021. Effect of tillage system, planting method and nitrogen fertilizer rate on agronomic charachteristics and seed yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cv. Dalgan in Guilan, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 22, pp.335-349. [In Persian]. http://dx.doi.org/10.52547/abj.22.4.335

Rao, S.K. and Singh, S.P. 1983. Analysis of yield factor in segregating population and their implication in selection of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Canadian Journal of Genetics and Cytology,* 25, pp.495-501. https://doi.org/10.1139/g83-074

Safaei, L., Afiuni, D. and Zeinali, H. 2013. Correlation relationships and path coefficient analysis between essential oil and essential oil components in 12 genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,* 59, pp.187-200. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2900

Shafagh-Kolvanagh, J., Dehghanian, H., Dabbagh Mohammadi-Nassab, A., Moghaddam, M., Raei, Y., Salmasi, S.Z., Samimifar, P., Abdoli, S. and Gholizadeh-Khajeh, B. 2022. Machine learning-assisted analysis for agronomic dataset of 49 Balangu (*Lallemantia iberica* L.) ecotypes from different regions of Iran. *Scientific Reports,* 12, pp.19237. https://doi.org/10.1038/s41598-022-23335-1

Shoryabi, M. 2013. The domestication of *Thyme daenensis*: morphological diversity, phytochemical, sustainability quantitative and qualitative characteristics and micropropagation. MSc Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. [In Persian].

Stefanini, M.B., Ming, L.C., Marques, M.O.M., Meireles, M.A.A., Moura, L.S. and Marchese, J.A. 2006. Seed productivity, yield and composition of the essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* var. Dulcis) in the season of the year. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 8, pp.86-90. http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2011.10643978

Tohidi, B., Rahimmalek, M. and Arzani, A. 2021. Variation in phytochemical, morphological, and ploidy levels of Iranian *Thymus* species. Chemistry & Biodiversity, 18, pp.e2000911. https://doi.org/10.1002/cbdv.202000911

Torkaman, S., Sofaliyan, O., Zare, N. and Hasaniyan, S. 2021. Investigation of genetic diversity of native ecotypes of northwestern medicinal plant Mentha longifolia using ISSR molecular markers. *Journal of Crop Breeding,* 13, pp.1-3. [In Persian]. http://dx.doi.org/10.52547/jcb.13.37.1

Zareei Siahbidi, A., Jabbari, H., Rezaei Zad, A. and Asgari, A. 2020. Effect of transplanting date and seedling growth stage on some agronomic characteristics and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Kermanshah in Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 36, pp.301-315. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/sppi.2020.123485